

(19) Japan Patent Office (JP)

(12) **Japanese Unexamined Patent
Application Publication (A)**

(11) Unexamined Patent Application
Publication Number

2003-340648
(P2003-340648A)

(43) Publication date 2 December 2003 (2003.12.2)

(51) Int. Cl. ⁷		Identification symbols		FI		Subject code (reference)	
B 23 H	3/04			B23H	3/04	Z	3C059
	3/06				3/06		3J011
F 16 C	17/02			F16C	17/02	A	
	17/04				17/04		A
	33/14				33/14		Z
Request for examination: Not yet requested Number of claims: 5 OL (total of 7 pages)							
(21) Application number	Patent Application 2002-144211 (P2002-144211)			(71) Applicant	000001247 Koyo Seiko Co., Ltd. 3-5-8 Minami Funaba, Chuo-ku, Osaka-shi, Osaka-fu		
(22) Application date	20 May 2002 (2002.5.20)			(72) Inventor	Kobayashi, Yasuhiro c/o Koyo Seiko Co., Ltd., 3-5-8 Minami Funaba, Chuo-ku, Osaka-shi, Osaka-fu		
				(72) Inventor	Okai, Kazuo c/o Koyo Seiko Co., Ltd., 3-5-8 Minami Funaba, Chuo-ku, Osaka-shi, Osaka-fu		
				(74) Agent	100090608 Patent Attorney Kawasaki, Maki		
				continued on last page			

(54) (Title of the invention) **Electrode for electrochemical machining and dynamic bearing manufactured using said electrode**

(57) (Abstract)

(Problem) To provide an electrode for electrochemical machining which has high adhesive strength of the insulating film to the substrate and can stably maintain a specific machining precision over a long period of time and has high machining efficiency, and to provide a dynamic bearing manufactured with said electrode.

(Solution) An electrodeposition coating film 2a using electrodeposition coating is formed as the insulating film 2 covering the depressions 1b formed in the regions of the electrode (electrode tool) surface other than the conductive areas 1a. This electrodeposition coating film 2a makes it difficult for electrolyte to penetrate to the surface of adhesion of said film to the substrate 1, preventing peeling and the like and allowing a specific machining precision to be stably maintained. Furthermore, by employing electrochemical machining using the electrode tool of the present invention for formation of dynamic grooves of dynamic bearing devices which require high precision machining, it is possible to reduce work for replacing the electrode tool or the like due to peeling, etc. of the insulating film, as well as reducing the occurrence of defects, etc., making it possible to achieve an overall cost reduction for dynamic bearings assembled with these components.

[see source for figure]

(Scope of patent claims)

(Claim 1) An electrode for electrochemical machining whereby a work piece, on the surface of which depressions are to be formed, and an electrode comprising conductive areas formed in a specific pattern on the surface of a conductive substrate are immersed facing each other into an electrolyte solution, the work piece and electrode are connected respectively to the positive pole and negative pole of a machining power supply and current is passed through them to form depressions on the work piece surface corresponding to the conductive area pattern of the electrode, distinguished in that: an electrodeposition coating film is formed as the insulating film on the regions of the aforementioned electrode's surface other than the aforementioned conductive area pattern.

(Claim 2) An electrode for electrochemical machining as set forth in Claim 1, distinguished in that the aforementioned insulating film is formed from the aforementioned electrodeposition coating film and a nonconductive material film formed on top of this electrodeposition coating film.

(Claim 3) An electrode for electrochemical machining as set forth in Claim 1 or 2, distinguished in that the electrode surface comprising the aforementioned insulating film and aforementioned conductive areas is formed into a substantially flat surface.

(Claim 4) An electrode for electrochemical machining as set forth in Claim 1, 2 or 3, distinguished in that the conductive substrate of the aforementioned electrode is an austenitic stainless steel.

(Claim 5) A dynamic bearing whereby a plurality of dynamic grooves is formed on one of the facing surfaces of two elements arranged to be rotatable relative to each other, pressure is generated by these dynamic grooves during relative rotation of said two elements on a lubricating fluid filled into the space between the aforementioned facing surfaces, and said two elements are supported out of contact, distinguished in that: the aforementioned dynamic grooves are formed by electrochemical machining using an electrode as set forth in Claim 1, 2, 3 or 4.

(Detailed description of the invention)

(0001)

(Technical field of the invention) The present invention relates to electrodes used in electrochemical machining and to dynamic bearings; more specifically, it relates to electrodes for electrochemical machining capable of maintaining the machining of depressions for dynamic grooves or the like at a high precision over a long period of time; it also relates to dynamic bearings manufactured using said electrodes.

(0002)

(Prior art) Electrochemical machining used for machining metal surfaces is a machining method whereby an electrode (hereinafter referred to as electrode tool) having a conductive area in a shape corresponding to the shape to be machined is arranged in the vicinity of and facing the surface of a work piece inside an electrolyte solution such as table salt water or sodium sulfate aqueous solution, and electric current is made to flow between the electrode tool and work piece to electrochemically dissolve the work piece surface and form a carved-in shape (depression) corresponding to the conductive area pattern of the electrode tool.

(0003) Electrochemical machining, as is publicly known from Unexamined Patent Application Publication H9-192932, Unexamined Patent Application Publication H10-86020, etc., is a machining technique which involves securing the electrode

tool and work piece at a specific spacing (machining gap), and performing machining by causing electric current to flow, using a preset total quantity of electricity impressed as the target value, while circulating an electrolyte solution, and has come to be frequently used in recent years for machining of fine surface shapes. In particular, for dynamic grooves of dynamic bearing devices used in mechanisms that require high speed and high precision rotation, such as hard disk drives, since a high precision of $\pm 0.05 \mu\text{m}$ is required for the groove depth, electrochemical machining, which permits high precision machining, is favorably employed for the machining thereof.

(0004) The electrode tools used for such electrochemical machining often have a structure employing a conductive substrate consisting of metal such as copper or iron alloy or the like, with a portion of the substrate surface being exposed in the machining pattern and the region outside the machining pattern being covered with a nonconductive material (insulating film).

(0005) Figure 6 is a schematic cross-section illustrating the structure of a conventional electrode tool used for electrochemical machining of fine surface shapes. Regarding the constitution of the electrode tool, what has been mainly used is either electrode tools of a structure as shown in Figure 6 (a), whereby a uniform resist film consisting of nonconductive resin material is formed on the surface of a metal substrate 11, after which an insulating film 12 is formed by curing the portion outside of the machining pattern by photolithography, heat or the like and removing the uncured machining pattern portion, with the exposed surface of the substrate 11 being used as the conductive area 11a, or electrode tools of the structure as shown in Figure 6 (b), whereby the area of the substrate 11 surface except for the machining pattern is cut away by etching of the like, nonconductive resin material is filled into the formed depressions 11b and cured to form an insulating film 13, and the exposed surface of the substrate 11 is used as the conductive area 11a. With both of the above types of electrode tools, the work piece that is to undergo electrochemical machining is arranged facing the electrode tool at a specific spacing (machining gap) from the bottom thereof as illustrated, where the conductive areas 11a are located.

(0006)

(Problem to be solved by the invention) Now, in electrodes (electrode tools) used for electrochemical machining of fine surface shapes as described above, the insulating film outside the machining pattern is also fine, so the strength of adhesion to the substrate of the nonconductive material (insulating film) used for this purpose tends to be weak, so there has been the problem of the insulation peeling due to the effect of electrolyte solution that flows during electrochemical machining.

(0007) In the prior art, the nonconductive resin material used for such insulating film has frequently been cured by ultraviolet rays, heat or the like, and its adhesion to the conductive substrate used in the electrode tool has generally been low. Furthermore, when copper metals are used for the substrate, the adhesion to the nonconductive resin material is further lowered by the oxides that form on the surface of the substrate.

(0008) Moreover, since electrochemical machining of such fine surface shapes is performed by placing the electrode tool and work piece at a narrow machining gap, the shear forces received by the insulating film formed on the walls of this gap from the flow of the electrolyte solution are substantial. In the case of electrode tools of the type where the insulating film 12 protrudes from the surface, as shown in Figure 6 (a), the finer

the machining pattern, the weaker the adhesion between the substrate 11 and nonconductive material, and the higher the incidence of peeling of the insulating film 12. Furthermore, in the case of electrode tools of the type where insulating film 13 is filled into cut-away depressions 11b and the surface is substantially flat, as shown in Figure 6 (b), while there is little susceptibility to the effect of forces accompanying the flow of electrolyte solution, the problem of the electrolyte solution gradually penetrating to the boundary between the insulating film 13 and substrate 11 and the insulating film ultimately peeling off cannot be avoided.

(0009) When such peeling of the insulating film occurs, it becomes impossible to accurately transfer the machining pattern to the work piece, and furthermore the problem of the machining gap between the electrode tool and the work piece becoming clogged with peeled off pieces of the insulating film arises. This clogging with peeled off pieces partially obstructs the flow of electrolyte solution, causing defects of the machined shape in those areas, which governs the yield of the final product using the work pieces as components, i.e. of the dynamic bearings or the like. Moreover, in the worst case, this clogging with peeled off pieces can cause some sort of electrical short, damaging both the electrode tool and the work piece and necessitating work to replace them.

(0010) The present invention was made in view of this situation, and has the objective of providing an electrode for electrochemical machining which has high adhesion of the insulating film to the substrate, allows a specific machining precision to be stably maintained over a long period of time and has high machining efficiency, as well as providing a dynamic bearing manufactured using said electrode.

(0011)

(Means of solving the problem) To achieve the aforementioned objective, in the invention described in Claim 1, the electrode for electrochemical machining, whereby a work piece, on the surface of which depressions are to be formed, and an electrode comprising conductive areas formed in a specific pattern on the surface of a conductive substrate, are immersed facing each other into an electrolyte solution, the work piece and electrode are connected respectively to the positive pole and negative pole of a machining power supply and current is passed through them to form depressions on the work piece surface corresponding to the conductive area pattern of the electrode, is distinguished in that an electrodeposition coating film is formed as the insulating film on the regions of the aforementioned electrode's surface other than the aforementioned conductive area pattern.

(0012) The present invention seeks to achieve the desired objective by forming the insulating film that covers regions of the substrate surface other than the conductive area pattern in the electrode (electrode tool) used for electrochemical machining by means of electrodeposition coating using an electrodeposition coating material. Electrodeposition coating, which is used for the exterior trim of car bodies and the like, has good adhesion to the underlayer as well as high durability and chemical resistance, and is furthermore a simple process and thus allows fabrication at low cost.

(0013) Namely, according to the invention relating to Claim 1, by using a film consisting of an electrodeposition coating material as the insulating film covering the regions of the electrode (electrode tool) surface other than the conductive areas, the strength of adhesion to the substrate is increased compared to that of the nonconductive resin film used in con-

ventional electrode tools of this type. Furthermore, this insulating film makes it difficult for electrolyte solution to penetrate to the surface of adhesion with the substrate, preventing the occurrence of peeling and the like and making it possible to maintain the machining pattern on the electrode tool surface over a long period of time. Therefore, the electrode for electrochemical machining of the present invention, by allowing a specific machining precision to be stably maintained, makes it possible to efficiently implement the machining of fine shapes.

(0014) Furthermore, the invention described in Claim 2 is distinguished in that the aforementioned insulating film is formed from the aforementioned electrodeposition coating film and a nonconductive material film formed on top of this electrodeposition coating film.

(0015) A film formed by electrodeposition, in terms of the process involved, is considered to allow forming of a film thickness of tens of μm , and forming a film consisting of a different new nonconductive resin material on top of the electrodeposition coating film, as in the invention relating to Claim 2, makes it is possible to form an insulating film of greater film thickness. Furthermore, this covering of the electrodeposition film with a different nonconductive material involves placing resin on top of resin, so the compatibility is better, adhesion is higher and the result is less prone to peeling compared to when the substrate is directly coated with the nonconductive material. Therefore, the insulating film formed according to this arrangement combines the prevention of damage such a peeling with the electrolyte penetration preventing effect of the electrodeposition coating film formed on the substrate surface.

(0016) The shape of the electrode surface consisting of the aforementioned insulating film and the aforementioned conductive areas is preferably substantially flat (Claim 3).

(0017) According to the invention relating to Claim 3, level differences between the insulating film and the conductive areas of the electrode tool surface are substantially eliminated, making it possible to further reduce the shear forces received by the insulating film due to flow of the electrolyte solution. This sort of substantially flat surface shape can be implemented by performing polishing or the like on the surface of the electrode tool after formation of the electrodeposition coating film or the nonconductive material film that is formed over the electrodeposition coating film. Furthermore, making the electrode tool surface flush allows the electrolyte to flow smoothly, which is favorable in that it promotes a stable electrochemical reaction and has the effect of improving machining precision.

(0018) Furthermore, austenitic stainless steel can be favorably employed as the material of the conductive substrate of the aforementioned electrode (Claim 4).

(0019) According to the invention relating to Claim 4, an austenitic stainless steel is used as the material of the substrate and an insulating film consisting of an electrodeposition coating film is formed on the substrate surface, which makes for a durable electrode tool, since the strength of adhesion between the insulating film and substrate is high and the substrate itself has corrosion resistance against chemicals and the like.

(0020) Moreover, the invention relating to Claim 5 is a dynamic bearing whereby a plurality of dynamic grooves is formed on one of the facing surfaces of two elements arranged to be rotatable relative to each other, pressure is generated by these dynamic grooves during relative rotation of said two elements on a lubricating fluid filled into the space between

the aforementioned facing surfaces, and said two elements are supported out of contact, distinguished in that the aforementioned dynamic grooves are formed by electrochemical machining using an electrode as set forth in Claim 1, 2, 3 or 4. (0021) Namely, by employing electrochemical machining using the electrode tool of the present invention for formation of dynamic grooves which require high precision machining, it is possible to efficiently manufacture the dynamic bearing components with a specific machining precision. Moreover, work for replacing electrode tools due to peeling of the insulating film or the like is reduced, as is the occurrence of defects and the like, making it possible to achieve an overall cost reduction for the dynamic bearings assembled using these components.

(0022)

(Modes of embodiment of the invention) Below, modes of embodiment of the present invention are described while referring to the drawings. Figure 1 is a schematic cross-section illustrating the structure of an electrode tool in a first mode of embodiment of the present invention. Figure 2 is a schematic illustrating the manufacturing method of said electrode tool. An actual electrode tool has a complex shape as a whole, so in order to avoid the description becoming too complicated, the constitution has been abbreviated and simplified with respect to parts that do not face the work piece and are not involved in electrochemical machining.

(0023) In this electrode tool, the surface of the conductive substrate 1 which faces the work piece (the bottom surface as illustrated in Figure 1) is covered with an insulating film 2 so that only the conductive areas 1a forming the machining pattern are exposed. This insulating film 2 is formed by means of an electrodeposition coating film 2a that is filled into the depressions 1b formed in the areas outside of the machining pattern.

(0024) Regarding the manufacturing method for this electrode tool, as shown in Figure 2, first, depressions 1b of a specific shape are formed in the region outside of the machining pattern (conductive areas) 1a on the surface of the conductive substrate 1 which faces the work piece (the top surface in Figure 2 (a)) (Figure 2 (b)). Cupric, ferrous or other metals are used as the material of the substrate 1; among these, austenitic stainless steel (SUS 303, 304, etc.) is preferable. For the method of forming depressions 1b in such a substrate 1, etching, electrochemical machining, mechanical machining, laser machining, electrical discharge machining, shot blasting or other methods can be used.

(0025) Next, the substrate 1 with depressions 1b formed thereon is subjected to substrate treatment to prepare for application of electrodeposition coating. The substrate treatment involves a degreasing and cleaning process following by conversion treatment of the surface of the substrate 1. This conversion treatment is commonly used as a substrate treatment prior to electrodeposition coating of ferrous and other metals, and has the effect of removing oxidation film from the metal surface and improving corrosion resistance. For the conversion treatment in this mode of embodiment, in consideration of adhesion to resins and the like, chromating or Parkerizing (phosphate type or manganese phosphate type) is used. A conversion treatment film (not illustrated) several μm thick is formed on the surface of the substrate 1 that has been conversion treated in this manner, which has the effect of improving adhesion of the subsequently formed electrodeposition coating film.

(0026) The substrate-treated substrate 1 is immersed into an

electrodeposition coating bath to perform electrodeposition coating (Figure 2 (c)). Electrodeposition coating has the characteristic of allowing a uniform coating to be applied over the entirety of a complexly shaped surface. Consequently, the electrodeposition coating film 2a can be formed so as to uniformly fill in fine shapes such as the depressions 1b. For the resin (electrodeposition coating material) used in the electrodeposition coating, an epoxy resin, urethane resin or polyimide resin can be favorably employed, taking into consideration the withstand voltage involved in electrochemical machining and corrosion resistance against electrolyte solution. A film is formed from the electrodeposition coating material on the surface of the electrode tool by electrifying the electrode tool as a positive pole in the case of an anionic electrodeposition coating materials or as a negative pole in the case of cationic electrodeposition coating materials. Furthermore, the substrate 1 with an electrodeposition coating material film formed thereon is subjected to an oven or other heating process for complete filming and curing of the electrodeposition coating film 2a.

(0027) The substrate 1 with an electrodeposition coating film 2a formed on its surface is then subjected to polishing or the like to remove the electrodeposition coating film 2a from the conductive areas 1a of the surface and expose a machining pattern on the substrate 1 surface, allowing an electrode tool to be obtained having a flush surface consisting of conductive areas 1a and insulating film 2 (Figure 2 (d)).

(0028) According to the above arrangement, since the electrode tool in the present mode of embodiment uses an electrodeposition coating film 2a as the insulating film 2, the strength of adhesion between the substrate 1 and insulating film 2 is increased and penetration of electrolyte solution to the surface of adhesion to the substrate is prevented. Furthermore, there is no level difference between the conductive areas 1a and the insulating film 2, and the insulating film 2 receives substantially no shear forces due to the flow of the electrolyte solution. Therefore, the electrode tool in the present mode of embodiment allows damage due to peeling of the insulating film 2 or the like to be prevented and allows the machining pattern on the tool surface to be maintained at high precision over long periods of time.

(0029) Next, a second mode of embodiment of the present invention will be described. Figure 3 is a schematic cross-section illustrating an electrode tool in the second mode of embodiment. In this electrode tool as well, the surface of the conductive substrate 1 which faces the work piece (the bottom surface as illustrated) is covered with an insulating film 2 so that only the conductive areas 1a forming the machining pattern are exposed. The point of difference from the first mode of embodiment is that this insulating film 2 consisting of an electrodeposition coating film 2a is formed in the regions outside the machining pattern so as to protrude from the surface.

(0030) The insulating film 2 of the electrode tool in the present mode of embodiment is also formed by fundamentally the same electrodeposition coating method as in the first mode of embodiment. However, no depressions are formed in the surface of the substrate 1. First, substrate treatment to prepare for electrodeposition coating is performed on the entire surface of the substrate 1 that faces the work piece. Then electrodeposition coating is performed over the entire substrate-treated surface of the substrate 1, which then goes through a heating process, thereby creating an electrodeposition coating film 2a. By this method, an electrodeposition coating film 2a having the same features as in the first mode of embodiment is formed

over the entirety of the surface that faces the work piece. The method of exposing the conductive areas 1a to the surface involves protecting the electrodepositon coating film 2a in the regions outside the machining pattern in advance using a masking means or the like, and then removing the electrodepositon coating film 2a over the machining pattern by shot peening or the like.

(0031) Based on the above constitution, the electrode tool in the present mode of embodiment has high strength of adhesion between the substrate 1 and the insulating film 2, just as in the first mode of embodiment. Furthermore, it is difficult for the electrolyte solution to penetrate to the adhesion surface, and peeling of the insulating film 2 is prevented. Therefore, damage due to peeling of the insulating film 2 or the like can be prevented and the machining pattern on the electrode tool surface can be maintained at high precision over long periods of time.

(0032) Next, a third mode of embodiment of the present invention will be described. Figure 4 is a schematic cross-section illustrating the structure of an electrode tool in the first mode of embodiment of the present invention, and Figure 5 is a schematic illustrating the manufacturing method thereof. In this electrode tool as well, the surface of the conductive substrate 1 which faces the work piece (the bottom surface as illustrated in Figure 4) is exposed only in the conductive areas 1a that form the machining pattern, and the depressions 1b formed in the other areas are covered with an insulating film 3. The point of difference from the first mode of embodiment is that this insulating film 3 is formed from an electrodepositon coating film 3a and a nonconductive material film 3b that covers the top of said film 3a.

(0033) The constitution of the electrode tool in the present mode of embodiment is applicable in cases where a greater film thickness of the insulating film is required than can be formed by electrodepositon coating; it is manufactured using basically the same electrodepositon coating method as in the first mode of embodiment. As shown in Figure 5, just as in the first mode of embodiment, depressions 1b of a specific shape are formed in the regions outside of the machining pattern (conductive areas) 1a on the surface of the conductive substrate 1 which faces the work piece (the top surface in Figure 5 (a)). (a). Austenitic stainless steel (SUS 303, 304, etc.), which has excellent corrosion resistance, is favorably used as the material of the substrate 1. Furthermore, the depressions 1b can be formed using methods such as etching, electrochemical machining, mechanical machining, laser machining, electrical discharge machining or shot blasting.

(0034) Next, the substrate 1 with depressions 1b formed thereon is subjected to substrate treatment to prepare for application of electrodepositon coating. The substrate treatment, just as in the first mode of embodiment, involves a degreasing and cleaning process following by conversion treatment such as chromating or Parkerizing. Electrodepositon coating is furthermore performed on the substrate-treated substrate 1, which then passes through a heating process to cure the electrodepositon coating film 3a (Figure 5 (b)). For the resin (electrodepositon coating material) used in the electrodepositon coating, epoxy resin, urethane resin or polyimide resin is favorably employed, taking withstand voltage and corrosion resistance into consideration.

(0035) Subsequently, in the present mode of embodiment, a film 3b consisting of another nonconductive resin material is formed over the electrodepositon coating film 3a (Figure 5

(c)). There is no particular restriction on the nonconductive resin material used here, but this resin is preferably selected taking adhesion to the previously formed electrodepositon coating film 3a (compatibility) into consideration. For example, if the electrodepositon coating film 3a is formed from an epoxy resin, it would be preferable to similarly use an epoxy resin, or if the electrodepositon coating film 3a is formed from a urethane resin, it would be preferable to similarly use a urethane resin. Furthermore, for the method of laminating the nonconductive material film 3b onto the electrodepositon coating film 3a, photoresist, spraying, bar coating or other coating techniques may be selected as appropriate in accordance with the resin used.

(0036) The substrate 1 with the nonconductive material film 3b formed on its surface is then subjected to polishing or the like to remove the nonconductive material film 3b and electrodepositon coating film 3a from the conductive areas 1a of the surface and expose a machining pattern on the substrate 1 surface, allowing an electrode tool to be obtained having a flush surface consisting of conductive areas 1a and insulating film 3 (Figure 5 (d)).

(0037) Based on the above constitution, the electrode tool in the present mode of embodiment has high strength of adhesion between the substrate 1 and the electrodepositon coating film 3a, and the strength of adhesion between the electrodepositon coating film 3a and the nonconductive material film 3b formed over it is likewise high. Thus, it is difficult for electrolyte solution to penetrate to the boundaries between them and the occurrence of damage such as peeling is reduced. Furthermore, just as in the first mode of embodiment, the surface is flush, and the insulating film 3 substantially does not receive shear forces due to flow of the electrolyte solution. Therefore, the electrode tool of the present mode of embodiment also allows damage due to peeling of the insulating film 3 or the like to be prevented and allows the machining pattern on the tool surface to be maintained at high precision over long periods of time.

(0038) Moreover, employing electrochemical machining using an electrode tool illustrated in the above first through third modes of embodiment for formation of dynamic grooves of dynamic bearing devices makes it possible to efficiently produce dynamic bearing components with a specific machining precision. Furthermore, these electrode tools reduce the work for replacing electrode tools due to peeling of the insulating film or the like, as well as reducing the occurrence of defects and the like, thus making it possible to achieve an overall cost reduction for the dynamic bearing device.

(0039)

(Effect of the invention) As described in detail above, the electrode for electrochemical machining of the present invention employs a film consisting of an electrodepositon coating material as the insulating film covering the regions of the electrode (electrode tool) surface other than the conductive areas, thereby allowing the strength of adhesion between the substrate and the insulating film to be increased. Furthermore, it is difficult for electrolyte solution to penetrate to the surface of adhesion between them and the occurrence of damage such as peeling is reduced, thereby allowing the machining pattern of the electrode tool surface to be maintained over long periods of time.

(0040) Moreover, making the electrode tool surface flush by polishing or the like reduces the shear forces received by the insulating film due to flow of the electrolyte solution and allows the electrolyte solution to flow smoothly, which can also

have the effect of improving the machining precision.

(0041) In addition, since the electrode tool of the present invention can stably maintain a specific machining precision, employing electrochemical machining using an electrode tool of the present invention for formation of dynamic grooves that require high precision machining makes it possible to efficiently product dynamic bearing components with a specific machining precision. Moreover, since work for replacing electrode tools or the like due to peeling of the insulating film, etc. is reduced, as is the occurrence of defects and the like, it becomes possible to achieve an overall cost reduction for the dynamic bearings assembled using these components.

(Brief description of the drawings)

(Figure 1) A schematic cross-section illustrating the structure of an electrode tool in a first mode of embodiment of this invention.

(Figure 2) A schematic representing the manufacturing method of the electrode tool in the first mode of embodiment.

(Figure 3) A schematic cross-section illustrating the structure of an electrode tool in a second mode of embodiment of this invention.

(Figure 4) A schematic cross-section illustrating the structure of an electrode tool in a third mode of embodiment of this invention.

(Figure 5) A schematic representing the manufacturing method of the electrode tool in the third mode of embodiment.

(Figure 6) A schematic cross-section illustrating examples of the structure of electrodes used in conventional electrochemical machining.

(Description of symbols)

1 Substrate

1a Conductive area

1b Depression

2, 3 Insulating film

2a, 3a Electrodeposition coating film

3b Nonconductive material film

11 Substrate

11a Conductive area

11b Depression

12, 13 Insulating film (nonconductive material film)

(Figure 1)

(Figure 2)

[see source for figures]

(Figure 3)

Figure 4

• • • •
• • • •

(Figure 5)

(Figure 6)

[see source for figures]

Continuation of front page

F-terms (reference) 3C059 AA02 AB01 DA00 DC01 HA17
3J011 CA02 CA05 DA02 SB02 SB12
SB15 SC01

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-340648

(P2003-340648A)

(43) 公開日 平成15年12月2日 (2003. 12. 2)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
B 2 3 H	3/04	B 2 3 H	3/04
	3/06		3/06
F 1 6 C	17/02	F 1 6 C	17/02
	17/04		17/04
	33/14		33/14
		審査請求	未請求
		請求項の数	5
		OL	(全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2002-144211(P2002-144211)

(22) 出願日 平成14年5月20日 (2002. 5. 20)

(71) 出願人 000001247

光洋精工株式会社

大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号

(72) 発明者 小林 康裕

大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号

光洋精工株式会社内

(72) 発明者 岡井 和夫

大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号

光洋精工株式会社内

(74) 代理人 100090608

弁理士 河▲崎▼ 眞樹

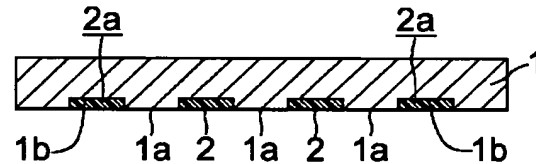
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電解加工用電極およびその電極を用いて製造した動圧軸受

(57) 【要約】

【課題】 絶縁被膜の基体に対する密着力が高く、所定の加工精度を長期にわたって安定して維持できることで、加工効率の高い電解加工用電極およびそれを用いて製造された動圧軸受を提供する。

【解決手段】 電極（電極工具）表面の導電部1a以外の領域に形成された凹部1bを覆う絶縁被膜2として、電着塗装を用いた電着塗装膜2aを形成する。この電着塗装膜2aは、基体1との密着面に電解液が浸透し難く、剥離等の発生が抑えられ、所定の加工精度を安定して維持できる。また、高精度加工が要求される動圧軸受装置の動圧溝の形成に、本発明の電極工具を用いた電解加工を用いることにより、絶縁被膜の剥離等に起因する電極工具等の交換作業や不良の発生等が抑えられ、この部材を使用して組み立てられる動圧軸受全体としてのコストの低減を達成することが可能になる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 表面に凹部を形成すべき被加工物と、導電性基体の表面に所定パターンの導電部が形成されてなる電極とを、電解液中に対向させて浸漬するとともに、これら被加工物と電極とを加工用電源の正極および負極にそれぞれ接続して電流を流すことによって、被加工物表面に電極の導電部パターンに対応した形状の凹部を形成する電解加工用電極において、前記電極の表面における前記導電部パターン以外の領域には、絶縁被膜として電着塗装膜が形成されていることを特徴とする電解加工用電極。

【請求項 2】 前記絶縁被膜が、前記電着塗装膜と、この電着塗装膜の上面に形成された非導電性材料膜と、から形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の電解加工用電極。

【請求項 3】 前記絶縁被膜と前記導電部とからなる電極表面が、略平坦な面に形成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の電解加工用電極。

【請求項 4】 前記電極の導電性基体が、オーステナイト系ステンレスであることを特徴とする請求項 1、2 または 3 に記載の電解加工用電極。

【請求項 5】 相対回転自在に配置された二つの部材の互いの対向面のいずれか一方に、複数条の動圧溝を形成し、これらの二つの部材の相対回転時に、この動圧溝によって上記対向面間に充填された潤滑流体に圧力を発生させ、これら二つの部材を非接触に支持する動圧軸受において、前記動圧溝が、請求項 1、2、3 または 4 に記載の電極を用いた電解加工により形成されていることを特徴とする動圧軸受。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電解加工に使用される電極および動圧軸受に関し、更に詳しくは、動圧溝等の凹部の加工を、長期にわたって高精度に維持することができる電解加工用電極およびそれを用いて製造された動圧軸受に関する。

【0002】

【従来の技術】金属の表面加工に用いられる電解加工法は、食塩水や硝酸ナトリウム水溶液等の電解液中に、加工形状に対応した形状の導電部を有する電極（以下、電極工具と記述する）を被加工物の表面に近接して対向配置し、この電極工具と被加工物との間に電流を流すことにより、被加工物表面を電気化学的に溶解させて、電極工具の導電部パターンに対応した彫り込み形状（凹部）を形成する加工方法である。

【0003】電解加工は、近年、特開平 9-192932 および特開平 10-86020 等に公知のように、電極工具と被加工物を所定の間隔（加工間隙）で固定し、電解液を循環させながら、あらかじめ設定された印加電

電気量を目標値として電流を流し加工を行う加工方法であり、微細な表面形状の加工に多用されるようになってきている。特に、ハードディスク装置等の高速および高精度の回転が要求される機構に用いられる動圧軸受装置の動圧溝は、その溝深さを $\pm 0.5 \mu\text{m}$ 程度の高精度とすることが要求されることから、その加工には、高精度加工が可能な電解加工が好適に採用されている。

【0004】このような電解加工に用いられる電極工具は、例えば銅系あるいは鉄系合金からなる金属等の導電性基体を用い、加工パターンで基体表面の一部が露出するように、加工パターン以外の領域を非導電性材料（絶縁被膜）で被覆した構造のものが多く、

【0005】図 6 は、微細な表面形状の電解加工に用いられる従来の電極工具の構造を示す模式的断面図である。電極工具の構成としては、図 6 (a) に示すような、金属製の基体 11 の表面に非導電性材料樹脂からなる一様なレジスト膜を形成した後、フォトリソグラフィあるいは熱等により加工パターン以外の部分を硬化させ、未硬化の加工パターン部分を除去して絶縁被膜 12 を形成し、基体 11 の露出面を導電部 11a として用いる構造の電極工具、あるいは、図 6 (b) に示すような、基体 11 の表面の加工パターンを除く領域をエッチング等によって削り落とし、形成された凹部 11b に、非導電性材料樹脂を埋め込んで硬化させて絶縁被膜 13 を形成し、基体 11 の露出面を導電部 11a として用いる構造の電極工具、が主に用いられている。なお、上記した両タイプの電極工具とも、電解加工の対象となる被加工物は、導電部 11a のある図示下方に電極工具と所定の間隔（加工間隙）を置いて、対向配置されることとなる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、以上のような微細な表面形状の電解加工に用いられる電極（電極工具）においては、加工パターン以外の領域の絶縁被膜も微細になるため、これに用いられる非導電性材料（絶縁被膜）の基体に対する密着力が弱くなり易く、電解加工中に流される電解液の影響により、この絶縁体が剥離してしまうという問題があった。

【0007】従来、このような絶縁被膜に用いられる非導電性材料樹脂は、紫外線あるいは熱等により硬化を行うものが多く、電極工具に用いられる導電性基体との密着性は一般的に低い。また、基体に銅系金属が用いられている場合は、その基体の表面に形成される酸化物によって、非導電性材料樹脂との密着性が更に低くなってしまう。

【0008】更にまた、このような微細な表面形状の電解加工は、電極工具と被加工物との加工間隙を狭く設定して行われることから、間隙の壁面に形成されている絶縁被膜が電解液の流動から受けるせん断方向の力も大きい。図 6 (a) で示した電極工具のように、絶縁被膜 1

2が表面より突出したタイプの場合は、加工パターンが微細になるほど基体11と非導電性材料との密着力が弱くなり、絶縁被膜12の剥離の発生率が高くなる。また、図6(b)のように、削り落とされた凹部11bに絶縁被膜13が埋め込まれ、表面が略平坦であるタイプの電極工具の場合は、電解液の流れに伴う力の影響は受けにくいものの、絶縁被膜13と基体11との界面に徐々に電解液が浸透し、最終的には絶縁被膜13が剥離するという問題は避けられない。

【0009】このような絶縁被膜の剥離が発生すると、正確な加工パターンを被加工物に転写することができなくなる上、絶縁被膜の剥離片が電極工具と被加工物との加工間隙を詰まらせてしまうという問題も発生する。この剥離片の詰まりは、電解液の流れを部分的に阻害し、その部分の加工形状の不良を引き起こして、この被加工物を部材として使用している最終製品、つまり動圧軸受等の歩留まりを左右することとなる。また、この剥離片の詰まりは、最悪の場合、何らかの形で電氣的短絡を引き起こし、電極工具と被加工物の両者に損傷を生じさせ、これらの交換作業を余儀なくされることもある。

【0010】本発明は、このような実情を鑑みてなされたもので、絶縁被膜の基体に対する密着力が高く、所定の加工精度を長期にわたって安定して維持できることで、加工効率の高い電解加工用電極およびそれを用いて製造された動圧軸受を提供することを目的としている。

【0011】
【課題を解決するための手段】前記の目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、表面に凹部を形成すべき被加工物と、導電性基体の表面に所定パターンの導電部が形成されてなる電極とを、電解液中に対向させて浸漬するとともに、これら被加工物と電極とを加工用電源の正極および負極にそれぞれ接続して電流を流すことによって、被加工物表面に電極の導電部パターンに対応した形状の凹部を形成する電解加工用電極において、前記電極の表面における前記導電部パターン以外の領域には、絶縁被膜として電着塗装膜が形成されていることを特徴とする。

【0012】本発明は、電解加工に用いられる電極（電極工具）において、基体表面の導電部パターン以外の領域を覆う絶縁被膜を、電着塗料を用いた電着塗装によって形成することにより、所期の目的を達成しようとするものである。電着塗装は、自動車の車体の外装等に用いられているもので、下地との密着性が良く耐久性および耐薬品性が高い上、工程が簡単なことから低コストで作製することができる。

【0013】すなわち、請求項1に係る発明によれば、電極（電極工具）表面の導電部以外の領域を覆う絶縁被膜として、この電着塗料による被膜を用いることにより、従来この種の電極工具に用いられていた非導電性材料樹脂膜に比べ、基体との密着力が向上する。更に、こ

の絶縁被膜は、基体との密着面に電解液が浸透し難く、剥離等の発生が抑えられ、電極工具表面の加工パターンを長期にわたり維持することができる。従って、本発明の電解加工用電極は、所定の加工精度を安定して維持できることから、微細な形状の加工を効率良く実施することが可能となる。

【0014】また、請求項2に記載の発明は、前記絶縁被膜が、前記電着塗装膜と、この電着塗装膜の上面に形成された非導電性材料膜と、から形成されていることを特徴とする。

【0015】電着塗装により形成される被膜は、その工程上、形成可能な膜厚が数十 μm とされるが、請求項2に係る発明のように、電着塗装膜の上面に別の新たな非導電性材料樹脂からなる被膜を形成することにより、それ以上の膜厚の絶縁被膜を形成することができる。また、この別の非導電性材料による電着塗装膜の被覆は、樹脂の上に樹脂を重ねることになり、基体の上に直接非導電性材料を被覆する場合に比べ、馴染みが良く密着性が高くなり、剥離を起こし難い。従って、この構成により形成された絶縁被膜は、基体表面に形成した電着塗装膜の電解液の浸透抑制効果と相まって、剥離等の損傷の発生が抑えられる。

【0016】ここで、前記絶縁被膜と前記導電部とからなる電極表面の形状は、略平坦な面であることが好ましい（請求項3）。

【0017】請求項3に係る発明によれば、電極工具表面の絶縁被膜と導電部との間の段差がほぼなくなり、絶縁被膜が、電解液の流動により受けていたせん断方向の力をより軽減することができる。このような略平坦な表面形状は、電着塗装膜あるいはその上に形成される非導電性材料膜の形成後に、電極工具の表面に研磨加工等を行うことで実現できる。更に、電極工具表面を面一とすれば、電解液の流動が円滑に行われることにより、安定した電気化学反応が促進され、加工精度を向上させる効果も奏することができ好適である。

【0018】また、前記電極の導電性基体の材質として、オーステナイト系ステンレスを好適に採用することができる（請求項4）。

【0019】請求項4に係る発明によれば、基体の材質としてオーステナイト系ステンレスを用いて、その表面に電着塗装膜からなる絶縁被膜を形成することにより、絶縁被膜と基体との密着力が高く、かつ、基体自身が薬品等に対する耐食性を有することで、長寿命な電極工具とすることができる。

【0020】一方、請求項5に記載の発明は、相対回転自在に配置された二つの部材の互いの対向面のいずれか一方に、複数条の動圧溝を形成し、これらの二つの部材の相対回転時に、この動圧溝によって上記対向面間に充填された潤滑流体に圧力を発生させ、これら二つの部材を非接触に支持する動圧軸受において、前記動圧溝が、

10

20

30

40

50

請求項 1、2、3 または 4 に記載の電極を用いた電解加工により形成されていることを特徴とする。

【0021】すなわち、高精度加工が要求される動圧溝の形成に、本発明の電極工具を用いた電解加工を用いることにより、動圧軸受の部材を所定の加工精度で効率良く製造することができる。また、絶縁被膜の剥離等に起因する電極工具等の交換作業や不良の発生等が抑えられることから、この部材を使用して組み立てられる動圧軸受全体としてのコストの低減を達成することが可能になる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下図面を参照しつつこの発明の実施の形態について説明する。図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態における電極工具の構造を示す模式的断面図であり、図 2 は、その製造方法を示す模式図である。なお、実際の電極工具は全体として複雑な形状であるが、被加工物と対向せず電解加工に関与しない部位に関しては、説明が煩雑になるのを避けるため、構成を省略および簡略化して図示する。

【0023】この電極工具は、導電性の基体 1 における被加工物と対向する表面（図 1 の図示下方）に、加工パターンとなる導電部 1 a のみを露出させるべく、それ以外の領域を絶縁被膜 2 で被覆したものである。この絶縁被膜 2 は、電着塗装膜 2 a により、加工パターン以外の領域に形成された凹部 1 b を埋め込むように形成されている。

【0024】この電極工具の製造方法は、図 2 に示すように、まず最初に、導電性の基体 1 の被加工物と対向する表面（図 2（a）上方）における加工パターン（導電部）1 a 以外の領域に、所定の形状の凹部 1 b を形成する（図 2（b））。基体 1 の材質としては、銅系、鉄系等の金属が採用され、中でも耐食性に優れるオーステナイト系ステンレス（SUS 303、304 等）が好適である。このような基体 1 に凹部 1 b を形成する方法は、エッチング、電解加工、機械加工、レーザー加工、放電加工、またはショットブラスト等の方法を用いることが可能である。

【0025】次いで、凹部 1 b が形成された基体 1 に、電着塗装を施す前の下地処理を行う。下地処理は、脱脂洗浄工程を経た後、基体 1 の表面に化成処理を施す。この化成処理は、鉄系等の金属の電着塗装における下地処理として一般的に用いられているもので、金属表面の酸化膜を除去し、耐食性を向上させる効果がある。本実施の形態における化成処理は、樹脂等との密着性を考慮して、クロメート処理あるいはパーカー処理（パーカーライジング：リン酸塩系およびリン酸マンガン系）が用いられる。このような化成処理が施された基体 1 の表面には、厚さ数 μm の化成処理被膜（図示せず）が形成され、この後形成される電着塗装膜との密着性を向上させる効果を発揮する。

【0026】下地処理された基体 1 は、電着塗料浴中に浸漬され、電着塗装が施される（図 2（c））。電着塗装は、複雑な形状を有する表面全体に対し均一にコーティングできるという特性を有する。そのため、電着塗装膜 2 a は、凹部 1 b 等の微細な形状に対しても、それを均一に埋め込むように形成することが可能である。電着塗装に用いられる樹脂（電着塗料）としては、電解加工における耐電圧および電解液に対する耐食性を考慮して、エポキシ系樹脂、ウレタン系樹脂あるいはポリイミド系樹脂が好適に採用される。なお、アニオン系電着塗料の場合は電極工具を陽極として、カチオン系電着塗料の場合は電極工具を陰極として通電することで、表面に電着塗料による被膜が形成される。また、電着塗料の被膜が形成された基体 1 は、オープン等の加熱工程を経て、電着塗装膜 2 a の完全な膜化と硬化が行われることとなる。

【0027】そして、表面に電着塗装膜 2 a が形成された基体 1 は、研磨加工等により、表面の導電部 1 a 上の電着塗装膜 2 a を取り去り、基体 1 表面の加工パターンを露出させることで、導電部 1 a と絶縁被膜 2 とからなる表面が面一となった電極工具を得ることができる（図 2（d））。

【0028】以上の構成により、本実施の形態における電極工具は、絶縁被膜 2 として電着塗装膜 2 a が用いられていることから、基体 1 と絶縁被膜 2 との密着力が高く、基体 1 との密着面への電解液の浸透が防止される。また、導電部 1 a と絶縁被膜 2 との間の段差がなく、絶縁被膜 2 が電解液の流動によるせん断方向の力をほぼ受けることがない。従って、本実施の形態における電極工具は、絶縁被膜 2 の剥離等に起因する損傷が防止され、具表面の加工パターンを長期にわたり高精度に維持することができる。

【0029】次に、本発明の第 2 の実施の形態について説明する。図 3 は、第 2 の実施の形態における電極工具の構造を示す模式的断面図である。この電極工具も、導電性の基体 1 における被加工物と対向する表面（図示下方）に、加工パターンとなる導電部 1 a のみを露出させるべく、それ以外の領域を絶縁被膜 2 で被覆したものである。第 1 の実施の形態と異なる点は、この電着塗装膜 2 a からなる絶縁被膜 2 が、加工パターン以外の領域に、表面より突出するように形成されている点である。

【0030】本実施の形態における電極工具の絶縁被膜 2 も、基本的には第 1 の実施の形態と同様の電着塗装方法により製造される。ただし、基体 1 の表面に凹部を形成することはせず、まず最初に、基体 1 の被加工物と対向する表面全体に、電着塗装を施す前の下地処理を行う。そして、下地処理された基体 1 表面全体に電着塗装処理を施し、加熱工程を経て電着塗装膜 2 a を作製する。このような方法により、第 1 の実施の形態と同様の特徴を有する電着塗装膜 2 a が、被加工物と対向する表

面全体に形成されることとなる。導電部1aを表面に露出させる方法は、予めマスキング手段等を用いて加工パターン以外の領域上の電着塗装膜2aを保護した後、ショットピーニング等により、加工パターン上の電着塗装膜2aを取り除くことにより行われる。

【0031】以上の構成により、本実施の形態における電極工具も、第1の実施の形態同様、基体1と絶縁被膜2との密着力が高い。また、密着面に電解液が浸透し難く、絶縁被膜2の剥離が防止される。従って、絶縁被膜2の剥離等に起因する損傷が抑制され、電極工具表面の加工パターンを長期にわたり高精度に維持することができる。

【0032】次に、本発明の第3の実施の形態について説明する。図4は、本発明の第1の実施の形態における電極工具の構造を示す模式的断面図であり、図5は、その製造方法を示す模式図である。この電極工具も、導電性の基体1における被加工物と対向する表面（図4の図示下方）に、加工パターンとなる導電部1aのみを露出させるべく、それ以外の領域に形成された凹部1bを絶縁被膜3で被覆したものである。第1の実施の形態と異なる点は、この絶縁被膜3が、電着塗装膜3aとこの膜3aの上面を覆う非導電性材料膜3bとから形成されている点である。

【0033】本実施の形態における電極工具の構成は、絶縁被膜の膜厚が、電着塗装によって形成可能な膜厚以上の厚みが要求される場合に適用されるもので、基本的には第1の実施の形態と同様の電着塗装方法を用いて製造される。図5に示すように、第1の実施の形態同様、導電性の基体1の被加工物と対向する表面（図5（a）上方）における加工パターン（導電部）1a以外の領域に、所定の形状の凹部1bを形成する（a）。基体1の材質としては、耐食性に優れるオーステナイト系ステンレス（SUS303、304等）が好適に採用される。また、凹部1bは、エッチング、電解加工、機械加工、レーザー加工、放電加工、またはショットブラスト等の方法を用いて形成することができる。

【0034】次いで、凹部1bが形成された基体1に、電着塗装を行う前の下地処理を施す。下地処理も、第1の実施の形態同様、脱脂洗浄工程を経た後、クロメート処理あるいはパーカー処理等の化成処理が行われる。また、下地処理された基体1には電着塗装が施され、加熱工程を経て電着塗装膜3aの硬化が行われることとなる（図5（b））。なお、電着塗装に用いられる樹脂（電着塗料）としては、耐電圧および耐食性を考慮して、エポキシ系樹脂、ウレタン系樹脂あるいはポリイミド系樹脂が好適に採用される。

【0035】その後、本実施の形態においては、電着塗装膜3a上面に、別の非導電性材料樹脂からなる被膜3bが形成される（図5（c））。この場合に使用される非導電性材料樹脂は特に限定されないが、その樹脂は、

先に形成されている電着塗装膜3aとの密着性（なじみ）を考慮して選択されることが望ましい。例えば、電着塗装膜3aがエポキシ系樹脂で形成されている場合は、同様なエポキシ系の樹脂が、電着塗装膜3aがウレタン系樹脂で形成されている場合は、同様にウレタン系の樹脂が好適に採用される。また、電着塗装膜3a上に非導電性材料膜3bを積層する方法としては、使用する樹脂に合わせて、フォトリソ、スプレー噴霧やバーコート等のコーティング手法を適宜選択すれば良い。

【0036】そして、表面に非導電性材料膜3bが形成された基体1は、研磨加工等により、表面の導電部1a上の非導電性材料膜3bと電着塗装膜3aを取り去り、基体1表面の加工パターンを露出させることで、導電部1aと絶縁被膜3とからなる表面が面一となった電極工具を得ることができる（図5（d））。

【0037】以上の構成により、本実施の形態における電極工具は、基体1と電着塗装膜3aとの密着力が高く、またこの電着塗装膜3aとその上面に形成される非導電性材料膜3bとの密着力も同様に高い。従って、これらの界面に電解液が浸透し難く、剥離等の損傷の発生が抑えられる。また、第1の実施の形態同様、表面が面一で、絶縁被膜3は電解液の流動によるせん断方向の力をほぼ受けることがない。従って、本実施の形態における電極工具も、絶縁被膜3の剥離等に起因する損傷が防止され、具表面の加工パターンを長期にわたり高精度に維持することができる。

【0038】一方、動圧軸受装置の動圧溝の形成に、以上の第1から第3の実施の形態で示した電極工具を用いた電解加工を用いることにより、動圧軸受の部材を所定の加工精度で効率良く生産することができる。また、これらの電極工具は、絶縁被膜の剥離等に起因する電極工具等の交換作業や不良の発生等が抑えられることから、動圧軸受装置全体としてのコストを低減することができる。

【0039】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明の電解加工用電極によれば、電極（電極工具）表面の導電部以外の領域を覆う絶縁被膜として、電着塗料による被膜を用いることにより、基体と絶縁被膜との密着力を向上させることができる。また、これらの密着面は、電解液が浸透し難く、剥離等の損傷の発生が抑えられることから、電極工具表面の加工パターンが長期にわたり維持される。

【0040】また更に、電極工具表面を研磨加工等により面一とすれば、絶縁被膜が電解液の流動により受けていたせん断方向の力を軽減することができる上、電解液の流動が円滑に行われることから、加工精度を向上させる効果も奏することができる。

【0041】そして、本発明の電極工具は、所定の加工精度を安定して維持できることから、高精度加工が要求される動圧溝の形成に、本発明の電極工具を用いた電解

10

20

30

40

50

加工を用いることにより、動圧軸受の部材を所定の加工精度で効率良く生産することができる。また、絶縁被膜の剥離等に起因する電極工具等の交換作業や不良の発生等が抑えられることから、この部材を使用して組み立てられる動圧軸受全体としてのコストの低減を達成することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明の第 1 の実施の形態における電極工具の構造を示す模式的断面図である。

【図 2】第 1 の実施の形態における電極工具の製造方法を表す模式的断面図である。

【図 3】この発明の第 2 の実施の形態における電極工具の構造を示す模式的断面図である。

【図 4】この発明の第 3 の実施の形態における電極工具の構造を示す模式的断面図である。

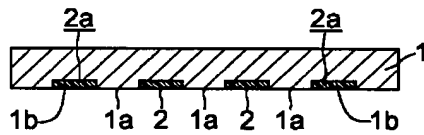
*【図 5】第 3 の実施の形態における電極工具の製造方法を表す模式的断面図である。

【図 6】従来の電解加工に用いられる電極の構造例を示す模式的断面図である。

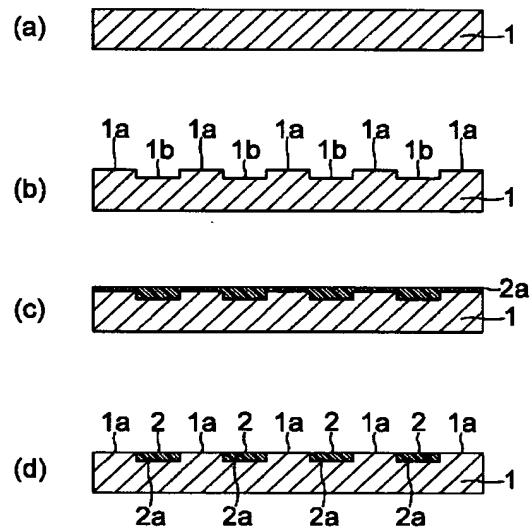
【符号の説明】

- 1 基体
- 1 a 導電部
- 1 b 凹部
- 2, 3 絶縁被膜
- 2 a, 3 a 電着塗装膜
- 3 b 非導電性材料膜
- 11 基体
- 11 a 導電部
- 11 b 凹部
- 12, 13 絶縁被膜（非導電性材料膜）

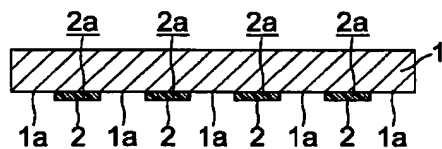
【図 1】



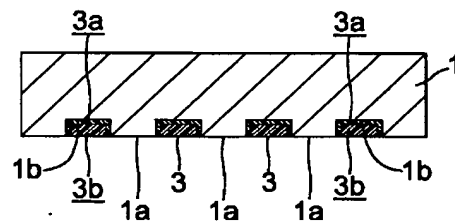
【図 2】



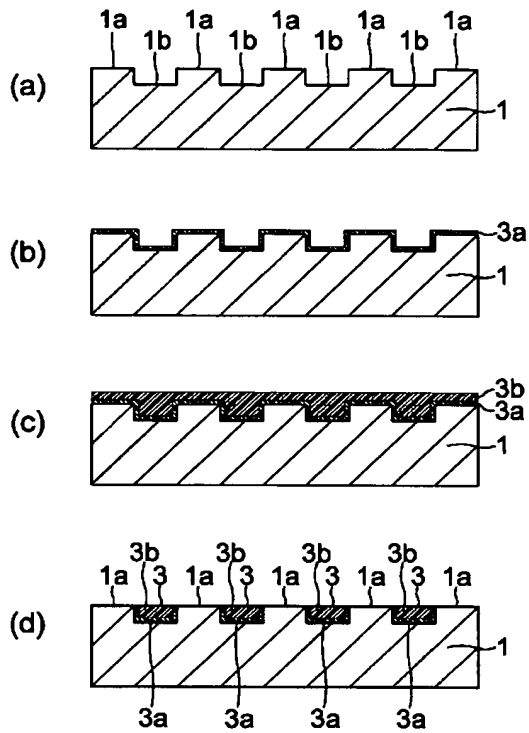
【図 3】



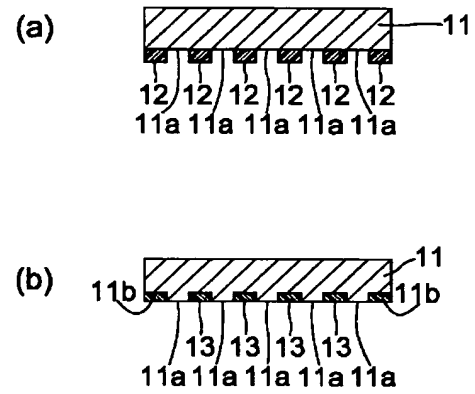
【図 4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

F ターム(参考) 3C059 AA02 AB01 DA00 DC01 HA17
 3J011 CA02 CA05 DA02 SB02 SB12
 SB15 SC01